УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ

ПОСЛЕДНЯЯ

Сможем ли мы удалить достаточно CO_2 из атмосферы, чтобы замедлить или даже повернуть вспять изменение климата?

Ричард Коннифф



Нагнетательная скважина на исландской геотермальной электростанции Хедлисхейди закачивает рассол вместе с захваченным из воздуха CO_2 в глубоколежащие горизонты горных пород

VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM

НАДЕЖДА



Photographs by Liz Tormes

ОБ АВТОРЕ



Ричард Коннифф (Richard Conniff) — писатель, удостоенный наград. Среди его книг пользуется известностью «Искатели видов: герои, дураки и безумная погоня за жизнью на Земле» (*The Species Seekers: Heroes, Fools, and the Mad Pursuit of Life on Earth*, 2011).



Не так давно казалось, что сокращение выбросов парниковых газов спасет мир от изменения климата — как и замена электростанций на ископаемом топливе на чистые источники энергии, эффективная эксплуатация автомобилей и зданий, переход на светодиоды, снижение употребления мяса и т.д. Сокращение эмиссии и продвижение возобновляемых источников энергии представлялись верным ответом даже Межправительственной группе экспертов по изменению климата (МГЭИК) в 2005 г. Однако принятая стратегия не сработала, как планировалось. Эмиссия в глобальных масштабах не уменьшается, а наоборот увеличивается. И сегодня становится очевидным, что даже сведение годового объема нетто-выбросов до нулевого значения к 2050 г. во всем мире будет недостаточной мерой.

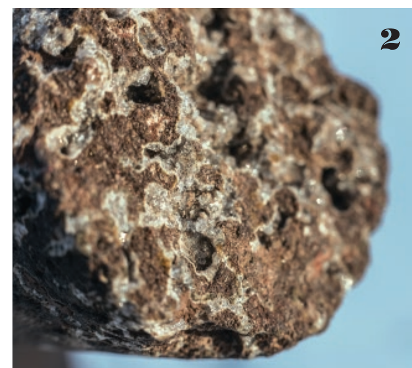
Чтобы предупредить распад экономики и окружающей среды, как утверждают климатологи, мы должны достичь негативной эмиссии. Выполнение этой задачи означает удаление миллиардов тонн двуокиси углерода из атмосферы каждый год. Это все равно что сказать, что мы больше не можем выносить мусор, но нам постоянно надо убирать тот, что мы выбросили в прошлом.

Негативная эмиссия превратилась в широких масштабах в «биофизическую потребность» для достижения смягчения климатического воздействия, согласно определению, данному в работе 2018 г., выполненной под руководством Яна Минкса (Jan C. Minx) из Научно-исследовательского института глобальных объектов всеобщего достояния и климатических изменений им. Меркатора в Германии. Он вместе с соавторами предупредил в *Environmental Research Letters*, что это вопрос «безотлагательной необходимости», если человечество надеется ограничить потепление до 1,5° *C*. Почти все страны планеты поддержали это предложение, принимая во внимание серьезное отступление от 2° *C*, оговоренных в Парижском соглашении по изменению климата в 2016 г. В настоящее время наблюдается потепление около 1° *C* по сравнению с доиндустриальным периодом, и каждые десять лет происходит повышение на 0,2° *C*. В октябре 2018 г. в специальном докладе МГЭИК высказала опасение, что у нас в запасе всего лишь 12 лет, чтобы избежать опасности соскользнуть с 1,5° *C*,

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Чтобы ограничить глобальное потепление до 1,5° C, в этом столетии страны должны убрать из атмосферы Земли 1 трлн выбросов двуокиси углерода.
- Решающее значение будет иметь определение оптимальной комбинации методов удаления CO_2. Установки, захватывающие углекислый газ из воздуха, смогут удалить 250 млрд т к 2100 г. Восстановление леса на вырубках сможет довести результат до 180 млрд т.
- Диапазон чистых затрат составляет $0–300 за тонну. Пока использование удаленного CO_2 не выйдет на широкую рыночную дорогу, налоги на выбросы диоксида углерода могут стать лучшей поддержкой разработке технологий.







***Установка компании Climeworks** всасывает CO_2 из атмосферы (1). Нагнетатель внутри купола (2) закачивает газ более чем на 700 м под землю, где он вступает в реакцию с базальтовыми коренными породами, при этом образуются карбонаты, видимые как белые потеки на образце керна, вырезанного из толщи базальта (3).*

то есть с того уровня, который был принят большинством ученых как предельный, если мы хотим, чтобы наша жизнь не изменилась.

Пребывание в этих рамках предписывает выполнение определенного «углеродного бюджета» — суммарного количества углекислого газа, которое мы можем добавить в атмосферу, чтобы потепление не вышло за установленные пределы температуры. При нынешних темпах выбросов — 40–50 млрд т в год — вероятно, остается только пять лет на выбросы CO_2 при развитии сценария 1,5° *C*, по расчетам Минкса с соавторами. После чего каждая дополнительная тонна должна будет возмещена равнозначным изъятием. По подсчетам группы Минкса, мировое сообщество должно будет убрать от 150 млрд т до более 1 трлн т диоксида углерода из атмосферы к 2100 г., или приблизительно 2–16 млрд т в год, начиная с 2050 г.

Для выполнения этой задачи, как считают Минкс и его команда, нам надо начать строить в год несколько сотен установок по улавливанию и хранению CO_2 уже с 2030 г., то есть всего через 11 лет. Это может означать введение в строй огромных механизмов добычи углекислого газа из воздуха или разработку биоэнергетических установок, сжигающих древесину, поставляемую на основе непрерывного цикла возобновления, и применяемых для улавливания CO_2 с последующим захоронением глубоко под землей. Их дополнят старые технологии: посадки на месте вырубленных лесов или расширение существующих, мелиорация пахотных и пастбищных земель для удержания большего количества углерода, дробление и распространение определенных видов горных пород, поглощающих CO_2.

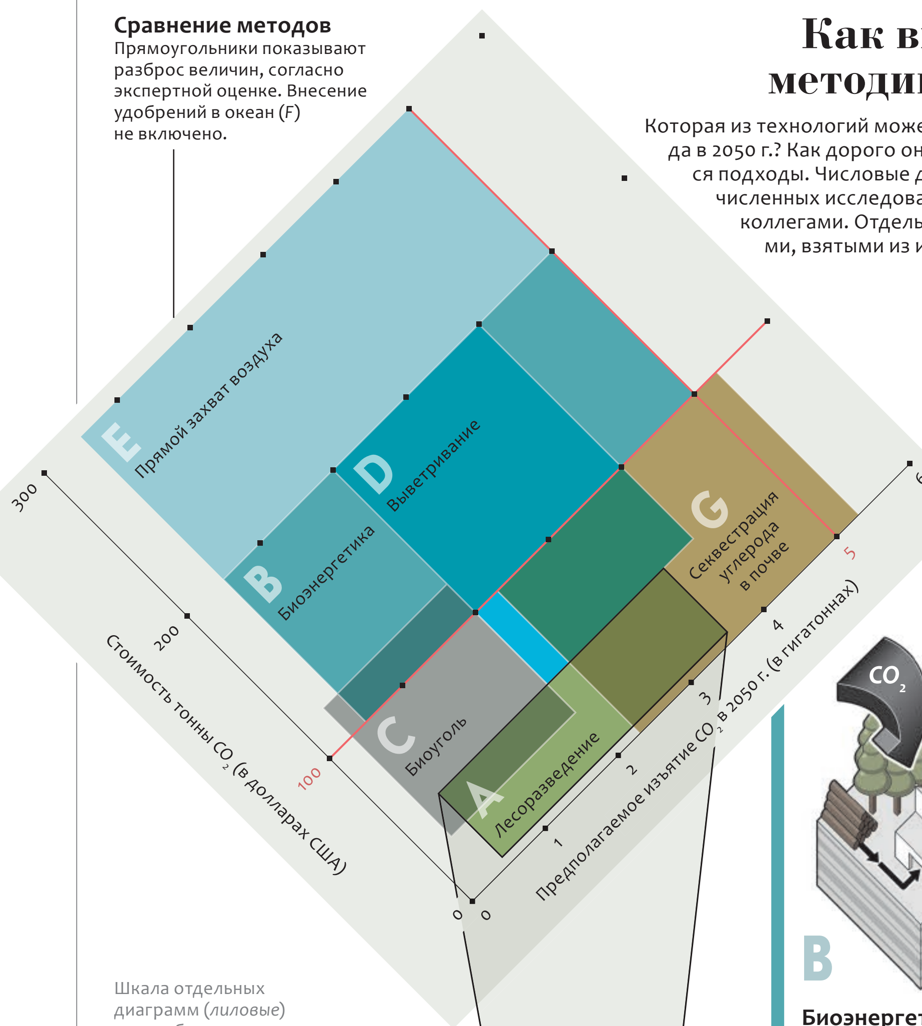
Надо сказать, что большинство высоких технологий по захвату двуокиси углерода находятся все еще на ранних стадиях разработки. Они требуют огромных финансовых вложений при значительных рисках неудач, влекут за собой серьезные побочные последствия, в том числе они вступают в конкуренцию за землю, что сегодня наблюдается на примере выбора — прокормить людей или дать приют дикой природе.

И все же улавливание двуокиси углерода в массовом порядке представляется единственно возможным вариантом. Когда в 2017 г. статистик из Вашингтонского университета Эдриан Рэфтери (Adrian E. Raftery) и соавторы опубликовали исследование в *Nature Climate Change*, где рассматривались современные тенденции без учета технологий негативной эмиссии, они пришли

Как выстраиваются методики удаления CO_2

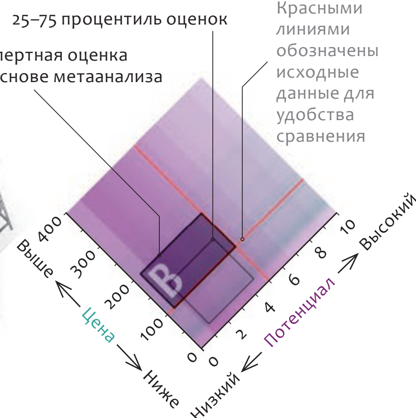
Которая из технологий может помочь изъять больше всего двуокиси углерода в 2050 г.? Как дорого они обойдутся? В больших квадратах сравниваются подходы. Числовые данные получены в результате метаанализа многочисленных исследований, выполненных экономистом Забине Фусс и ее коллегами. Отдельно вынесены диаграммы с подробными оценками, взятыми из исследований и экспертиз команды Фусс.

Сравнение методов
Прямоугольники показывают разброс величин, согласно экспертной оценке. Внесение удобрений в океан (*F*) не включено.



Шкала отдельных диаграмм (*лиловые*) может быть расширена или сужена для лучшего рассмотрения.

Выделенные диаграммы (*фиолетовый*)
Цветом обозначен диапазон величин, полученных на основании множества исследований. Чем темнее, тем сильнее перекрытие.





B

Биоэнергетика со связыванием и хранением углерода
Растения, поглощающие CO_2, сжигаются для выработки энергии или перерабатываются в топливо. CO_2 удаляется и закачивается глубоко под землю на вечное хранение. Производство дает доход, но широкое применение чревато использованием сельскохозяйственных площадей, необходимых для выращивания продовольственных культур.



A

Лесовозобновление и облесение
Посадки деревьев ведутся на вырубках или для расширения существующих площадей леса. Деревья поглощают CO_2 из атмосферы и преобразуют его в свой прирост, включая корни. Торговля древесиной и практика ведения хозяйства должны быть реформированы.



C

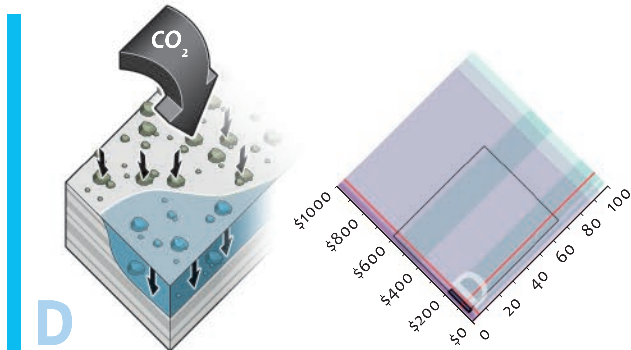
Биоуголь
Растительная масса, органические удобрения или отходы нагреваются в отсутствие кислорода, при этом образуются биотопливо и биоуголь — своего рода древесный уголь, насыщенный диоксидом углерода. Он разбрасывается на сельскохозяйственных полях для улучшения свойств почвы, дополнительно связывая CO_2. Массовое производство при минимальном потреблении энергии может быть проблематично.

Graphics by Pitch Interactive, Illustrations by Ben Gilliland

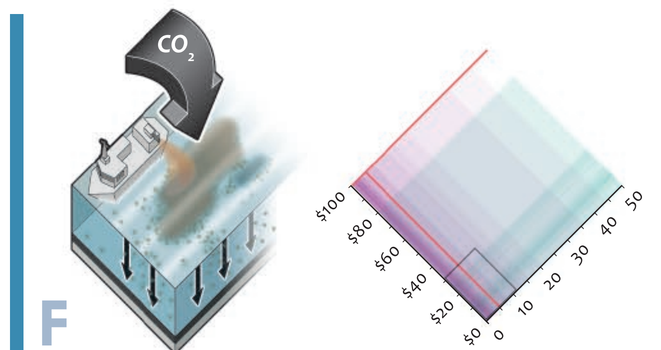


За и против
Технологии улавливания углерода в 2050 г. (*ряды*) могут сопровождаться положительными и отрицательными побочными эффектами (*кружочки*). В колонке «Техническая готовность» показано, какой набор подходов можно применять в это время. Категория «Долговечность» отображает, может ли сохраненный CO_2 уйти снова в атмосферу: «Обратимый» — высокий риск возврата; «Стабильный» — низкий риск (*алмазы*). Пойдут ли потенциальные возможности секвестрации или ее стоимости вверх или вниз после 2050 г., показано справа (*треугольники*), определено на основе данных ограничения землепользования. Последствия оцениваются главным образом по опубликованным материалам.

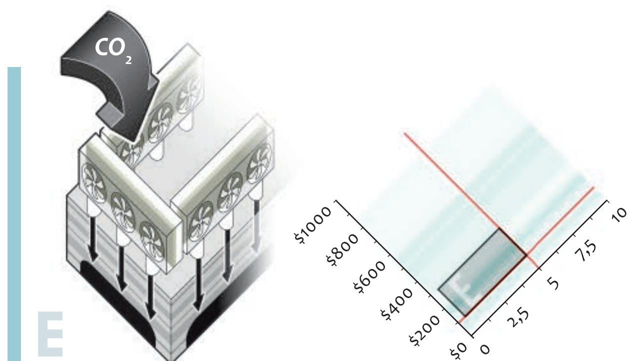
* Из подземных хранилищ.



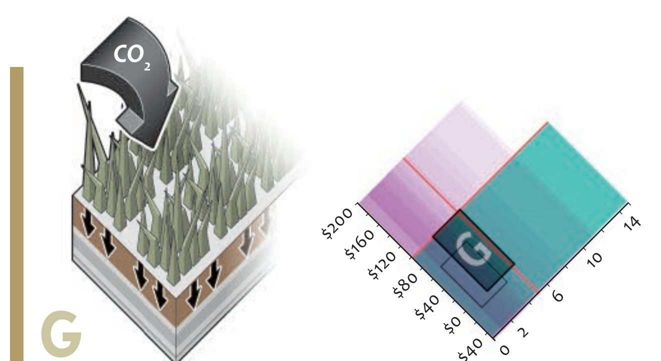
Усиленное выветривание
Горные породы измельчаются в пыль. Будучи разбросанными над полями, они связывают CO_2 из воздуха и удобряют почву. Будучи разбрызганными над океаном, они реагируют с морской водой, переводя CO_2 в карбонаты, выпадающие на дно морское. Размалывание и перенос горных пород важны, но экономически зависимы.



Удобрение океана
Железные опилки разбрасывают в море, способствуя размножению планктона, который вбирает CO_2 и превращает его в сахара и клеточный материал. После отмирания морские организмы оседают на дне океана. Успех недолговечен, а изменение экосистем рискованно, поэтому эксперты не включили этот метод в комплексную оценочную диаграмму.



Прямой захват воздуха
Установка втягивает окружающий воздух и химическим путем отделяет CO_2, который закачивается под землю на вечное хранение. Предполагаемая стоимость высока, но с развитием технологий ожидается ее снижение. (Данных для оценки потенциальных возможностей не имеется.)



Секвестрация углерода в почвах
Дикорастущие или культурные растения поглощают CO_2 и преобразуют его в вещество корней, закрепляя таким образом углерод в почве. Технологии обработки почвы смогли бы усилить секвестрацию углерода и повысить урожайность растительных культур. Перспективы долгосрочного применения могут быть ограничены, поскольку почвы способны содержать только определенное количество углерода.

SOURCE: "NEGATIVE EMISSIONS—PART 2: COSTS, POTENTIALS AND SIDE EFFECTS," BY SABINE FUSS ET AL., IN ENVIRONMENTAL RESEARCH LETTERS, VOL. 13, NO. 6, ARTICLE NO. 063002; JUNE 2018

к заключению, что мы стоим на пути достижения рубежа потепления в 3,5° *C* к концу столетия при его вариабельности от 2° *C* до 4,9° *C*. В более позднем исследовании, опубликованном в *Proceedings of the National Academy of Sciences* (*PNAS*), Яньян Сюй (Yangyang Xu), климатолог из Техасского сельскохозяйственного и политехнического университета, и его коллега уточнили, что потепление более 3° *C* относится к категории «катастрофическое», а выше 5° *C* определяется как «существенная угроза большинству населения».

Предположим, что в этом столетии необходим 1 трлн т негативной эмиссии: в среднем 20 млн т в год с 2050 по 2100 г. Какую долю этого пирога может обеспечить каждое из возможных средств и по какой цене? Учитывая конкурентность в использовании определенных ресурсов, таких как, например, земельных, какое же сочетание средств стоит считать наилучшим для применения? И можем ли мы собрать всю политическую волю, чтобы осуществить негативную эмиссию, одновременно радикально снизив текущий выброс двуокиси углерода?



Биоуголь, *удобрение, сделанное путем нагревания куриных отходов со щепой, которые иначе бы выделяли* CO_2 *во время гниения*

JEFF HUTCHINS *Getty Images*

Очистить ветер

На поле застывшей лавы с разбросанными валунами и пятнами мха, у подножия гор близ Рейкьявика, установка величиной с гараж для одной машины пропускает воздух через химический фильтр, очищающий от углекислого газа. Она приводится в действие сбросом тепла близлежащей геотермальной электростанции и закачивает собранную двуокись углерода на 700 м под землю, где затем газ реагирует с базальтовыми породами и превращается в твердое ископаемое. Швейцарская новаторская компания *Climeworks* впервые в мире запустила завод по прямому захвату воздуха и хранению CO_2. На нем из атмосферы ежегодно изымается 50 т диоксида углерода.

Прямой захват и хранение — вероятно, самый прямой путь к негативной эмиссии, когда множество последователей станут добывать CO_2 в небесах и закапывать его. По мнению ученых, благодаря данной технологии возможно удалять 10–15 млн т двуокиси углерода в год до конца столетия, а несколько специалистов полагают, что и 35–40 млн т. Такие привлекательные перспективы вызывают беспокойство климатологов, так как могут спровоцировать недобросовестное отношение: люди способны решить, что можно повременить с сокращением использования ископаемого топлива в надежде на более позднее технологическое спасение.

В самом тщательном обзоре способов изъятия CO_2, сделанном по материалам еще одного исследования 2018 г., обнародованном в *Environmental Research Letters*, дается более трезвая оценка. Забине Фусс (Sabine Fuss) из института им. Меркатора и ее коллеги рассмотрели стоимость, побочные действия, устойчивость окружающей среды и другие факторы, относящиеся к секвестрации двуокиси углерода, и потенциальные возможности семи основных способов ее осуществления. Фусс с соавторами определила возможности прямого захвата для 2050 г. лишь в размере от 500 млн т до 5 млрд т в год, подытоживая для всего столетия показатель 25–250 млрд т по цене $100–300 за тонну. Что касается перспективы, то каждый наш автомобиль выбрасывает обычно по 4,6 т CO_2 в год.

И в самом деле, захват воздуха, по словам Джеймса Маллигана (James S. Mulligan) из Программы по изучению продовольственных, лесных и водных ресурсов Института мировых ресурсов, не представляется «серебряной пулей». Он говорит: «Это не блестящий объект исследования. Он ужасен. Но нам он необходим». Некоторые из исследователей заявляют, что они могли бы снизить затраты до $100 за тонну. Минкс поясняет, что может быть слишком поздно, если выполнение этой задачи должным образом займет более 60 лет, как это случилось с переходом использования солнечной энергии со спутников с конца 1950-х гг. на широкий рынок в наши дни.

При прямом захвате воздуха также потребляется огромное количество электроэнергии. Извлечение 1 млн т CO_2 в год потребует выработки электростанцией 300–500 МВт, согласно расчетам Дженнифер Уилкокс (Jennifer Wilcox), химика-технолога, профессора Вустерского политехнического института. Если электростанция работает на угле, она может также дать больше вредных выбросов, чем поглотить двуокиси углерода. При использовании электроэнергии от солнечных или ветровых

станций надо учесть, что они займут много места на земле, которая может потребоваться для сельского хозяйства или природоохранной деятельности. И, что очевидно, 1 млн т едва ли составит прорыв к цели в 200 млрд т в год.

Возводя подобные заводы сегодня, важно было бы на дальнейшую перспективу этого столетия разрабатывать эффективные конструкции, применяемые в более широких масштабах. Однако Роджер Айнс (Roger Aines), руководитель Энергетической программы Ливерморской национальной лаборатории им. Лоуренса, отмечает: «Если осуществить прямой захват 20 млн т воздуха сегодня, то это было бы плохое обращение с вашими деньгами. Потребовалось бы много солнечной и ветровой энергии, и если у вас есть это количество, то лучшее использование — послать его в электросети и отключить угольные электростанции». Ограничение производства новой эмиссии до сих пор приоритетно.

Портфолио решений

В исследовании Фусс не раскрываются потенциальные возможности семи технологических приемов улавливания двуокиси углерода, поскольку некоторые из них соперничают за использование одних и тех же ресурсов. Так, например, слишком большие лесопосадки займут площади, необходимые для выращивания биотоплива, а производство слишком большого количества биоэнергии может конкурировать с методом прямого захвата воздуха в сфере подземного депонирования углерода. Климатологи настаивают, что необходимо оптимизировать сочетание методов.

Пит Смит (Pete Smith), почвовед, занимающийся глобальными изменениями, профессор Абердинского университета, видит один из прямых путей формирования набора средств в пропорциональном увеличении всего того, что известно, как делать. Мы знаем, как сажать деревья. Нам известно, как восстанавливать торфяные болота, в основном посредством поднятия уровня грунтовых вод, когда торфяник задерживает двуокись углерода вместо ее выделения. Мы знаем, как улучшить почву и содержание CO_2 в ней. И все с помощью стимулирования тех средств, которые относительно легки в исполнении и могут быть применены сразу. Таким образом, это, вероятно, и есть один путь из возможных для достижения цели.

Рассмотрим облесение. Прискорбно отмечать это, но тропические леса мира стали источником, а не поглотителем двуокиси углерода в результате вырубки и сжигания деревьев или деградации разоренных лесов. Возвращение лесов на территорию негативной эмиссии прежде всего потребует проведения серьезных реформ на международном рынке древесины, который находится под сильным давлением незаконной торговли. Помимо этого, вполне очевидно, что для лесопосадок подойдут земли, когда-то расчищенные под земельные угодья или пастбища, но затем заброшенные ввиду их неплодородия. Восстановление 5 млн км^2 подобных земель могло бы дать изъятие 3,7 млрд т диоксида углерода в год при соответствующем финансировании, согласно исследованию 2015 г., проведенному под руководством Ричарда Хоутона (Richard Houghton) из Научно-исследовательского центра в Вудс-Холе и напечатанному в *Nature Climate Change*.

Бронсон Гриском (Bronson Griscom), заведующий научными исследованиями лесного углерода в природоохранной организации *Nature Conservancy*, а также материалами по решению климатических проблем в *PNAS*, дает пояснения, что превращение всех выпасов, которые когда-то были покрыты лесом, снова в лесные угодья может обеспечить 10 млрд т негативной эмиссии в год. Это уже значительная часть очищения от двуокиси углерода, необходимая ежегодно. Однако такая акция может повлечь за собой глобальный сдвиг к отказу от потребления мяса — тенденции, противоположной нынешней.

Фусс с соавторами предсказывают более скромные перспективы. Деревья живут и умирают, а это значит, что они поглощают углерод сегодня, чтобы потом в этом или следующем столетии его отдать. Общая величина секвестрированного CO_2 также, возможно, будет уменьшаться по мере зрелости леса, поскольку его рост будет замедляться. Пожары, вырубки леса и изменение климата повышают риски. Тем не менее расширение лесных массивов может служить временной критической мерой, в то время как прямой захват воздуха и другие технологии вырастут в масштабах. Фусс определяет потенциал удаления двуокиси углерода на уровне 500 млн — 3,6 млрд т в год к середине столетия. Это может послужить достижению поставленной на наше столетие цели в 1 трлн т в размере 25–180 млн т по цене от $5 до $50 за тонну.

Более эффективное управление может увеличить выгоды. Гриском отмечает, что в юго-восточной части США на лесопосадках заготовки сосны ладанной сознательно проводятся за несколько лет до достижения оптимальной зрелости деревьев. Разрешение продажи квот на выброс двуокиси углерода, покрывающих годы дополнительного роста, позволило бы отложить лесозаготовки до оптимального возраста деревьев, при этом возросли бы как заготовки древесины, так и количество CO_2, отправленного на хранение.

Аналогичным образом выращивание азотофиксирующих растений на пастбищах и переход к более разумной системе пастбищного севооборота способствовали бы как более продуктивному выпасу, так и лучшему подземному хранению углекислого газа. По осторожным расчетам

Фусс, благодаря усовершенствованиям секвестрацию углерода в почве можно довести до 5,3 млрд т в год — 265 млрд в этом столетии — по цене от $0 до $100 за тонну.

Все это можно рассматривать как дополнение к получению биоугля. Данный процесс удаления CO_2 состоит в том, что в специальной печи под действием тепла при отсутствии кислорода биомасса превращается в форму древесного угля, а также образуются полезные побочные продукты, такие как бионефть и синтетический газ. Применение древесного угля на пашнях дает связывание диоксида углерода в почве и улучшает урожай. Однако пока нет примеров широкого использования биоугля. Фусс с соавторами считают, что он может оправдать доверие как источник от 300 млн до 2 млрд т годового изъятия двуокиси углерода по цене $90–120 за тонну, что соответствует 15–100 млрд т для столетия.

Еще один метод, привязанный к земле, получил название «биоэнергетика со связыванием и хранением углерода» (*BECCS*). Первые планы многих стран, принявших парижские обязательства, основывались на нем, хотя он до сих пор вызывает горячие споры. На электростанции сжигаются дрова, сельскохозяйственные отходы и другое энергетическое сырье из биомассы, такое как, например, просо прутьевидное. Первоначально эти источники энергии поглощают двуокись углерода из атмосферы по мере роста или накопления. При горении она вновь освобождается, но улавливается в дымовой трубе электростанции и отсылается на вечное хранение глубоко в толщу горных пород. Надо сказать, что некоторые сторонники этого метода не отрицают, что залесение под массовое производство биоэнергии может поглотить много пахотных угодий мира, угрожая производству продуктов питания и охране природы, так же как и удаление CO_2 другими способами вроде разведения лесов и секвестрации почвой. Извлечение выбросов из труб также резко снижает производительность электростанций, по крайней мере при использовании современных технологий. В результате Фусс оценивает устойчивый выход от применения *BECCS* на уровне только 2 млрд т в год, то есть значительно ниже, чем другие исследователи, и по цене $100–200 за тонну. К 2100 г. в этом случае, по расчетам Фусс, негативная эмиссия будет составлять 100 млрд т.

Остаются на рассмотрении еще два способа снижения уровня CO_2. Усиленное выветривание эксплуатирует естественный процесс: углекислый газ в атмосфере превращается в карбонат при взаимодействии с определенными видами дробленой горной породы. Остается ответить на вопрос, удастся ли ученым найти способ, чтобы экономически целесообразно раздробить нужную породу в порошок и ускорить природный процесс. Фусс оценивает возможности этого метода как 2–4 млрд. т в год по цене от $50 до $200 за тонну. Ее команда делает вывод, что подкормка удобрениями океана — вбрасывание измельченного железа или других питательных веществ в океан для усиления роста водорослей и разных видов планктона, поглощающих двуокись углерода, — будет слишком неэффективна и кратковременна, чтобы оправдать возможное неблагоприятное воздействие на экосистемы. «Это нежизнеспособная стратегия негативной эмиссии», — пишут они.

Прибыль, а не затраты

Куда же нас ведут расчеты? В исследовании Фусс они составляют разброс от 150 млрд т до чуть более 1 трлн т к 2100 г. Последнее число как будто должно решить наши проблемы. Но мы даже не можем толком подытожить все расчеты, поскольку разные методы вступают в противоречие. Фусс полагает, что все, что мы можем сделать, — это использовать их взаимовыгодные соединения. Например, усиление выветривания можно проводить на той же территории, где выращивается биомасса для *BECCS*.

Ученые утверждают, что все подходы нуждаются в значительных инвестициях в исследование и разработку. Айнс из Ливерморской национальной лаборатории им. Лоуренса говорит: «Это станет долгой и трудной битвой». Но органы государственного управления с неохотой оплачивают расходы на технологии негативной эмиссии, руководствуясь идеологической ставкой на победителей и пресловутыми промахами прошлых инвестиций. Министерство энергетики США, например, потратило огромные суммы на проекты по улавливанию CO_2 в целях реализации выработки электроэнергии на «чистом угле». Южная компания отказалась в 2017 г. от последних попыток в округе Кемпер, штат Миссисипи, переведя электростанцию с чистого угля на природный газ после затрат в $7,5 млрд.

Налог на выбросы двуокиси углерода помог бы обойти политику выбора победителей, установив цену на эмиссию — стоимость выбрасывания мусора в атмосферу. В результате появилась бы рыночная заинтересованность как в сокращении выбросов в настоящее время, так и позднее в возмещении затрат за прошлую эмиссию. В Великобритании такие налоги, приблизительно в размере $25 на тонну, налагаются прежде всего на тепловые электростанции, которые наполовину сократили выбросы CO_2 с 2015 по 2016 г. Следует отметить, что большинство правительств ведут себя уклончиво, считая налоги слишком радикальной мерой спасения экономики, построенной на ископаемом топливе.

За редким исключением акционерные компании также не расположены вкладывать средства

в технологии очистки от CO_2, поскольку до последнего времени они не видели здесь рыночных рычагов. С их точки зрения укрепление климата имеет общественное значение, на чем нельзя заработать. Однако ситуация может измениться, поскольку в начале 2018 г. Конгресс США одобрил пакет налоговых льгот, неожиданно поддержанный обеими партиями. Благодаря так называемой законодательной инициативе *45Q* были значительно повышены налоговые скидки, которые компании могут затребовать в следующие 12 лет не только за улавливание двуокиси углерода и подземную секвестрацию из расчета $50 на тонну в налоговых льготах, но и за использование CO_2 самыми различными способами.

Больше всего разногласий вызывает добыча нефти с применением методов повышения нефтеизвлечения. Нефтяные компании покупают диоксид углерода, перегоняют его по трубопроводу и закачивают в истощенные нефтяные скважины, выдавливая остатки нефти, которую не могли извлечь обычным способом. Решение по изменению климата, включающее увеличение производства ископаемого топлива, звучит по-оруэлловски двусмысленно, и ряд экологов раскритиковали *45Q* как еще одну замаскированную программу, поддерживающую использование ископаемого топлива. Однако добыча нефти вторичным методом может послужить сокращению имеющейся эмиссии, так как CO_2, в основном полученный из природного газа или при производстве этанола, изолируется под землей. Некоторые защитники окружающей среды, например Курт Уолцер (Kurt Waltzer) из Рабочей группы по очищению воздуха (*Clean Air Task Force*), утверждают, что внедрение выловленного диоксида углерода в энергетические технологии, а не технологии выбросов — первый шаг на пути к широкому коммерческому применению удаления углекислого газа. Вновь захваченный CO_2 превращается в продукцию, которая покупается или продается, а не становится бременем расходов. Это могло бы стать ключевым поворотом к окончательной негативной эмиссии.

Время действовать

Способен ли набор методов снижения уровня CO_2, налогов и рыночных механизмов помочь добиться цели в 1 трлн т к 2100 г.? Жаркое лето 2018 г., возможно, стало поворотным моментом. Американский Запад был в огне пожаров. Люди на четырех континентах подвергались волнам жуткой жары. В Японии тысячи пострадавших от солнечного удара попали в больницу в течение одной недели. Климатологи перешли от осторожности в сообщениях к прямому предупреждению в *PNAS*, что дальнейшее потепление несет угрозу превращения нашей планеты в «теплицу, которая будет с трудом поддаваться контролю и станет опасной для многих». На случай, если и это послание окажется не слишком убедительным, Ханс Йоахим Шелльнхубер (Hans Joachim Schellnhuber), заслуженный директор Потсдамского института исследований воздействия на климат, сообщил корреспондентам, что конечные последствия могут быть таковы, что мир сможет поддерживать жизнь только 1 млрд людей — по сравнению с 7,5 млрд, проживающими в нем в настоящее время.

Даже сегодня некоторые политические деятели видят изменение климата в туманном свете, несмотря на исчерпывающие доказательства того, что это и есть наше мрачное настоящее и еще более мрачное будущее. В замешательство приводят технологии негативной эмиссии, даже сами ученые не имеют о них четкого представления. Стефани Рой (Stephanie Roe), эколог из Виргинского университета, говорит о повышении содержания двуокиси углерода в почве: «Все толкуют о зависимости от того, что представляет собой субстрат, в какой части мира вы находитесь, какие здесь осадки и температурный режим».

Исследователи также погрязли в спорах о том, может ли какой–либо из методов удаления углекислого газа, не говоря обо всех, довести результат до уровня миллиардов тонн в год. Брендан Джордан (Brendan Jordan) из Института Великих равнин в Миннеаполисе поясняет: «Возможно, слишком много внимания уделяется зависящему от обстоятельств масштабу. Я боюсь, что это ослабляет нас, тогда как мы не можем себе позволить никакой слабости». Нам надо начинать добиваться негативной эмиссии, невзирая на неясности, поскольку они обыденны и мелки в сравнении с положением дел, когда мир остановился, как в игре «Музыкальные стулья», на той грани изменения климата, где места, чтобы сесть, не хватает для 6,5 млрд людей. ■

Перевод: В.И. Сидорова

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

■ Биелло Д. Иллюзия улавливания CO_2 // ВМН, № 5–6, 2016.
■ Natural Climate Solutions. Bronson W. Griscom et al. in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 114, No. 44, pages 11, 645–11650; October 31, 2017.
■ Negative Emissions — Part 2: Costs, Potentials and Side Effects. Sabine Fuss et al. in Environmental Research Letters, Vol. 13, No. 6, Article No. 063002; June 2018.
■ Technological Carbon Removal in the United States. James Mulligan et al. World Resources Institute, September 2018.